Beitrag der Cardenolide zur Taxonomie der *Ornithogalum umbellatum*-Verwandtschaft (*Hyacinthaceae*)

ROLAND FERTH, FRANZ SPETA & BRIGITTE KOPP

Abstract

Contribution of cardenolides in taxonomy of *Ornithogalum umbellatum* (*hyacinthaceae*) relationship

Chemical investigation and comparison of the cardenolide pattern of 42 samples of *Ornithogalum umbellatum* agg. revealed that strophanthidin glycosides are distinctive compounds of the O. *umbellatum* group. Derivatives of sarmentogenin such as rhodexin A and rhodexoside as well as peripalloside and lokundjoside were detected frequently, but these derivatives are no significant compounds of the O. *umbellatum* group.

Chemical analyses of samples from Upper Austria, South Tyrol, France and the Ukraine showed, that the cardenolide pattern depends on regional origin of the samples, but is independent of chromosome numbers.

The chemical investigation of two diploid samples of different origin (O. *kochii* s. l.) showed differences in the cardenolide pattern. Further analysis of diploid samples from France (O. *monticolum*) and South Tyrol (O. sp.) proved that the cardenolide composition in *Ornithogalum umbellatum* agg. does not correspond with the chromosome numbers.

18 analyzed samples of O. *vulgare* showed conformity of the cardenolide pattern, although caryological differences of the samples were detected.

Ten samples from South Tyrol (O. sp.) showed very uniform composition of cardiac glycosides; the diploid and tetraploid samples are characterized by the additional occurrence of strophalloside, which is missing in penta- and hexaploid samples of this species.

The diploid and pentaploid bulbs of O. *monticolum* (origin France) showed a very similar chemical composition.

The cardenolide pattern of O. *divergens* corresponds with that of O. *umbellatum* s. str., but further samples of these species have to be analyzed.

In two samples of O. *refractum* agg. the cardenolide pattern was the same. The composition of cardiac glycosides in 2 samples of O. *kochii* s. l. seems very similar. O. *pannonicum* is the only analyzed species of the subgenus *Ornithogalum* without cardenolides.

The results indicate that the pattern of cardenolides is significant for some species of the O. *umbellatum* group and in consort with morphologic-anatomical and cytological data the cardenolide complex can be helpful for systematic reorganisation.

Key words:

Ornithogalum L., O. *umbellatum* L., O. *vulgare* SAILER, O. *divergens* BOREAU, O. *monticolum* JORD. & FOURR., O. *refractum* KIT. ex WILLD., O. *kochii* PARL., O. *dalmaticum* SPETA, O. *baeticum* BOISS., O. *pannonicum* VILLARS, *Hyacinthaceae*, chemotaxonomy, cardenolides.

Stapfia 75,
zugleich Kataloge des OÖ. Landesmuseums,
Neue Folge Nr. 164 (2001), 121-138

Einleitung

Als HEGNAUER 1970 eine Zusammenstellung aller bis dahin bekanntgewordenen Herzglykoside verfasste, hatte er bereits erkannt, dass diese auch für taxonomische Zwecke nutzbar sein würden. Er meinte aber, die Erforschung dieser Stoffgruppen würde wohl mehr der Phytochemie als der Systematik nutzen. Seither hat das System der Monocotyledonen einen bedeutenden Wandel durchgemacht. Die *Liliaceae* sind auf viele Familien aufgeteilt worden, die der natürlichen Verwandtschaft in einem viel höheren Maße Rechnung tragen als bisher. Dazu haben auch die Inhaltsstoffe mit beigetragen.

Die wieder aufgegriffene Familie der *Hyacinthaceae* (BATSCH 1786), über deren Umfang und Gliederung erst in allerletzter Zeit einigermaßen Klarheit gewonnen werden konnte (SPETA 1998a, b, PFOSSER & SPETA 1999), ist in vier Unterfamilien aufteilbar: *Oziroeoideae*, *Urgineoideae*, *Ornithogaloideae* und *Hyacinthoideae*. Herzglykoside sind bisher nur in zwei Unterfamilien gefunden worden: Bufadienolide bei allen *Urgineoideae* und Cardenolide bei einem Teil der *Ornithogaloideae*. Beide – sowohl Bufadienolide als auch Cardenolide – sind Steroidglykoside, die sich durch die Anzahl der C-Atome unterscheiden: Bufadienolide weisen 24 C-Atome und einen doppelt ungesättigten 6-gliedrigen Laktonring auf, Cardenolide sind charakterisiert durch einen 5-gliedrigen, einfach ungesättigten Laktonring und 23 C-Atome im Steroidteil. Beide Verbindungstypen liegen in Pflanzen als Glykoside vor, dh. das Steroidgrundgerüst ist mit 1 bis maximal 5 Zuckerkomponenten verknüpft.

In der Großgattung *Ornithogalum* L. treten Cardenolide nur bei einem Teil der Arten auf. Gänzlich fehlen sie offenbar bei allen Arten Afrikas südlich der Sahara, aber auch in Eurasien sind sie nicht in allen Arten vorhanden.

SPETA (1998b: 274-276) hat *Ornithogalum* L. in mehrere Gattungen aufgeteilt. In Eurasien sind ihmzufolge die Gattungen *Cathissa* (Typus generis: *O. concinnum*), *Loncomelos* (Typus generis: *O. pyrenaicum*), *Melomphis* (Typus generis: *O. arabica*), *Honorius* (Typus generis: *O. nutans*) und *Ornithogalum* s. str. (Typus generis: *O. umbellatum*) vorhanden.

Die Erforschung der Cardenolide erfolgte verständlicherweise an in gebietsweise in ausreichender Menge verfügbaren Arten:

Keine Cardenolide sind nachweisbar in *Melomphis arabica* (Handelsmuster von Fa. Willemse), *Stellarioides longebracteata* (Glashaus Botanisches Institut) und *Eliokarmos thyrsoides* (Handelsmuster von Fa. Willemse). Der 1935 von JARETZKY beschriebene pharmakologische Nachweis herzaktiver Verbindungen in *St. longebracteata* ist also – wie unsere Analysen zeigten - nicht auf die Anwesenheit von Herzglykosiden zurückzuführen (RÜCKLINGER 1987).

Aus der Gattung *Loncomelos* sind folgende Arten analysiert worden: *L. arcuatus*, *L. magnus*, *L. shelkovnikovii* und *L. brevistylus*. In *L. magnus* - 1969 von ZOZ & CHERNYKH untersucht - wurden Rhodexin A und ein weiteres Sarmentogeninderivat, Ornithogalosid, nachgewiesen. Auch in *L. shelkovnikovii* und *L. arcuatus* wurde das Vorkommen von Herzglykosiden bestätigt (ZOZ & CHERNYKH 1969). KOMISSARENKO isolierte 1971 aus *L. magnus* Ornithogalin, ein Cardenolid, das damit erstmals in der Natur aufgefunden wurde. 1972 gelang ihm (KOMISSARENKO 1972) der Nachweis von Rhodexin A, Rhodexin B, Rhodexosid sowie zweier

weiterer Cardenolidglykoside. Das Vorkommen von Rhodexin A, Rhodexin B sowie Rhodexosid in *L. shelkovnikovii* wurde 1974 beschrieben (KOMISSARENKO & PAKALNS 1974, KOMISSARENKO & KRIVENCHUK 1974). Der Arbeitsgruppe KOPP gelang der Nachweis von Convallatoxin und Convallosid sowie die Isolierung dreier neuer Cardenolide – Digitoxigenin-glucosid, Strophanthidin-alloside-xylosid und Periplogenin-allosido-xylosid – aus *L. brevistylus* (KRASA 1986, RÜCKLINGER 1987, KOPP unveröffentlicht).

Bei *Loncomelos pyrenaicus* und *L. narbonensis* konnten hingegen keine Herzglykoside nachgewiesen werden (KOPP unveröffentlicht).

Reichlich Cardenolide wurden bei *Honorius* gefunden: Chemische Analysen an *H. boucheanus* ergaben eine Fülle von neu beschriebenen Cardenoliden (GHANNAMY & al. 1987), eingehende Untersuchungen der Zusammensetzung des Herzglykosidkomplexes von *H. nutans* L. (FERTH & al. 1992) und *H.* sp. (FERTH & al. 1992) führten zur Isolierung und Strukturklärung von 17 bzw. 19 neuen Cardenoliden und zeigten, daß die karyologisch unterschiedlichen Proben auch beträchtliche Differenzen im Herzglykosidmuster besaßen.

Aus der immer noch ziemlich heterogenen Gattung *Ornithogalum* s. str. sind in erster Linie Arten der *O. umbellatum*-Verwandtschaft (Abb. 1) untersucht worden:

WAUD (1951) und WAUD & BOYD (1954) stellten bereits 1951 eine *Digitalis*-ähnliche Herzwirkung von *O. umbellatum* fest. 1959 isolierten MROZIK & al. aus *O. umbellatum* acht Verbindungen, die Cardenolid-Reaktionen zeigten; zwei dieser Substanzen konnten als Convallatoxin und Convallosid identifiziert werden, womit erstmals der Nachweis von Cardenoliden in einem Vertreter der *Ornithogaloideae* gelungen war (MROZIK & al. 1959). SMITH & PETERSON beschrieben 1967 die Isolierung von zwei weiteren Cardenoliden aus *O. umbellatum*, die mit Rhodexin A und Rhodexosid identisch sind.

Bei *O. gussonei* auct. non TEN. aus der Ukraine haben KOMISSARENKO & al. 1974 Rhodexin A, Rhodexin B und Rhodexosid festgestellt (KOMISSARENKO & PAKALNS 1974, KOMISSARENKO & KRIVENCHUK 1974). *O. nanum* s. l. (= *O. sibthorpii* agg.) aus Bulgarien enthält nach BUCHVAROV & al. (1984) ebenfalls Cardenolide.

Aus *O. balansae* auct. non BOISS. wurden von GHANNAMY (1985) fünf Cardenolide isoliert und strukturell geklärt, außer Glykosiden des Sarmentogenins konnte auch Lokundjosid (Bipindogenin-rhamnosid) nachgewiesen werden. In





Abb. 1
***Ornithogalum umbellatum* s. l.**

einem Vertreter der *O. exscapum* Gruppe gelang RÜCKLINGER 1987 der Nachweis von Cardenoliden, die jedoch mit strukturell bereits bekannten Herzglykosiden aus *Ornithogalum umbellatum* s. l. nicht übereinstimmten (RÜCKLINGER 1987). Ebenfalls Cardenolid-führend sind *O. fimbriatum* und *O. montanum* (KOPP unveröffentlicht).

Aus einem Vertreter der *O. umbellatum*-Verwandtschaft (*O. divergens*) konnten zusätzlich zu den bereits bekannten Strophanthidinglykosiden Convallatoxin und Convallosid und den Sarmentogeninderivaten Rhodexin A und Rhodexosid zwölf neue Cardenolide nachgewiesen werden (FERTH & KOPP 1992, siehe Abb. 2 auf S. 6). Auffallend war die Dominanz von Strophanthidinderivaten, Glykoside des Sarmentogenins konnten ebenfalls als Hauptkomponenten angesprochen werden.

In *O. pannonicum* (als *O. comosum*) waren hingegen keine Herzglykoside aufgefunden worden (FERTH 1992).

Als Heilmittel fanden die Ornithogalen eigentlich kaum besondere Verwendung. Das lag vielleicht daran, dass sie bei weiter Fassung (sogar mit *Gagea*!) sehr verschiedene Inhaltsstoffe aufweisen. Der Umstand, dass diese Arten kaum auseinanderzuhalten waren, machte die Anwendung zu unberechenbar und riskant.

In bescheidenem Rahmen versuchten WAUD & BOYD 1954 in Kanada *O. umbellatum* (s. l.) als Heilmittel zu erproben. VOGELSANG (1955) hat sogar eine kurze Abhandlung über die Wirkung am menschlichen Herzen veröffentlicht.

Darüber, was nun *O. umbellatum* sein soll, gehen die Meinungen sehr auseinander. Von der Ansicht, dass nur eine Art existiere (MORET & al. 1991, MORET & GALLAND 1992) bis zur Annahme eines ganzen Schwarmes von Arten (JORDAN & FOURREAU 1866, 1867, RAAMSDONK 1984, SPETA 1989, 1990 a, c, 1994, 2000 b, c) reichen die Meinungen der Fachleute.

Schon WAUD & BOYD (1954) haben in Kanada, wo die "Art" nur adventiv vorkommt, herausgefunden, dass es zumindest zwei Sippen von *O. umbellatum* mit sehr verschiedenen Cardenolid-Spektren gibt. Es lag nun nahe, eine größere Zahl von Aufsammlungen aus Europa zu untersuchen, wo *O. umbellatum* autochthon weitverbreitet vorhanden ist. Durch die eingehende chemische Untersuchung von *O. divergens* standen dafür Referenzsubstanzen in reiner Form zur Verfügung (FERTH & KOPP 1992).

Material und Methoden

Pflanzenmaterial

Für die vergleichenden Analysen standen 42 Proben verschiedener europäischer Herkünfte mit unterschiedlichen Chromosomenzahlen zur Verfügung, die der *O. umbellatum*-Verwandtschaft zuzuordnen waren (Tab. 1, bei SPETA 1990a, 2000a befinden sich genauere Herkunftsangaben).

Tabelle 1 zeigt Probennummer, Herkunft, Chromosomenzahl und Trockengewicht der *Ornithogalum*-Proben.

Extraktion und Vorreinigung

Das lyophilisierte Pflanzenmaterial wurde auf die für *Ornithogalum* bewährte Weise extrahiert (GHANNAMY & al. 1987). Es resultierten je ein Chloroform- und Chloroform/Ethanol (2+1)-Extrakt.

Aufarbeitung der Proben 31, 32, 33 und 40 siehe (FERTH & KOPP 1992, WEGER 1990, GLÄSSNER 1989).

Reinigung der Extrakte mittels Säulenchromatographie (SC)

Die Reinigung der Extrakte von *O. umbellatum* erfolgte mittels SC (Säule: 1 x 40 cm; Sephadex® LH-20, mobile Phase: MeOH). Daraus resultierten 1 - 2 Sammelfraktionen, deren Ballaststoffanteil erheblich verringert war.

Die Extrakte von *O. pannonicum* wurden ebenfalls säulenchromatographisch aufgetrennt (Säule: 3 x 75 cm; Kieselgel 60 Merck, Korngröße: 0,063 - 0,200 mm, mobile Phase: $CHCl_3$-MeOH-H_2O (75:15:2). Siehe Tabelle 1.

Chromatographische Methoden

Dünnschichtchromatographie (DC): Stationäre Phase: Kieselgel 60 F_{254} Fertigplatten Merck. Mobile Phasen: I: $CHCl_3$-MeOH-H_2O (70:22:3,5), II: EtOAc-MeOH-H_2O (81:11:8). Detektion: Vanillin-Schwefelsäure (KOPP & KUBELKA 1982a), Kedde-Reagens (LEWBART & al. 1963). Alle verwendeten Vergleichssubstanzen waren im Institut für Pharmakognosie der Universität Wien aus *Convallaria majalis* und aus *Ornithogalum*-Arten isoliert worden (GHANNAMY & al. 1987, KOPP & KUBELKA 1982 a, b).

Säulenchromatographie (SC): Stationäre Phasen: I: Sephadex® LH-20, II: Kieselgel 60 Merck (Korngröße 0,063-0,200mm). Mobile Phasen: I: MeOH in Kombination mit stationärer Phase I, II: $CHCl_3$-MeOH-H_2O (75:15:2) in Kombination mit stationärer Phase II.

Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC): System nach (KOPP & al. 1990), Detektion bei 220 nm.

Tab 1: Probennummer, Herkunft, Chromosomenzahl und Trockengewicht der untersuchten Proben.

Probennummer	Art	Herkunft	Chromosomenzahl	Menge (TG)
	O. vulgare			
		Oberösterreich		
1		Linz/Furth[1]	2n=45	33,5g
2		Niederranna[1]	2n=36	9,2g
3		Wesenufer[1]	2n=36	16,7g
4		Linz/Katzbach[1]	2n=45	13,0g
5		Struden[1]	2n=45	47,2g
6		Eizendorf/Saxen[1]	2n=41	38,9g
7		Grein[1]	2n=45	25,8g
8		Linz/Bauernberg[1]	2n=45	36,1g
9		Thalling[1]	2n=45	19,5g
10		Stadl Paura[1]	2n=45	29,3g
11		Neuzeug/Steyr[1]	2n=45	7,2g
12		Steyr[1]	2n=54+1	10,3g
13		Linz-Kleinmünchen[1]	2n=45	19,5g
14		Linz/Park[2]	2n=45	10,0g
		andere Herkünfte		
15		Wien/Lobau[1]	2n=45	12,2g
16		Wösendorf/NÖ[2]	2n=45	18,4g
17		Klagenfurt[1]/Kärnten	2n=45+1	14,1g
18		Budweis/ČR[1]	2n=27	37,1g
	***O.* sp.**			
		N-Italien: Südtirol & Trentino		
19		Gardasee[2]	2n=18	4,7g
20		Lago di Lecco[2]	2n=36	11,1g
21		Auer[2]	2n=45	6,6g
22		Auer[2]	2n=45	16,1g
23		Rovereto[2]	2n=45	13,9g
24		Eppan[2]	2n=45	14,9g
25		Eppan[2]	2n=54	2,8g
26		Terlan/Bozen[2]	2n=54	11,8g
27		Salurn[2]	2n=54	5,4g
28		Algund[1]	2n=54	13,2g
	O. monticolum			
		Frankreich:		
29		nicht bekannt[2]	2n=18	9,3g
30		Alpes de Haute[2]	2n=45	12,9g
	O. divergens			
31		Fa.Willemse/NL[1,3]	2n=54	981,0g
32		Wien/Garten[1]	2n=54	1555,0g
	***O. umbellatum* s.str.**			
33		Aschersleben/BRD, Stadtpark[1]	2n=27	20,4g
34		Hessen/BRD[2]	2n=27	14,1g
	***O. refractum* agg.**			
35		Beregovo/UKRAINE[1]	2n=45	6,19g
36		Budapest/Ungarn[1]	2n=45	13,5g
37		Sicevo/Serbien[1]	2n=18	9,4g
38		Onokovzi/UKRAINE[1]	2n=18	6,98g
	***O. kochii* s.l.**			
39		Hrastovlje/YU[1]	2n=18	5,33g
40		Wien/Lobau[1]	2n=18	1765,0g
	O. dalmaticum			
41		Biokovo/Kroatien[1]	2n=36	9,3g
	O. baeticum			
42		Chrio/ALGERIEN[1]	2n=52	7,3g
	O. pannonicum			
43		Mödling/NÖ[1]	2n=18	27,7g
44		Spitzerberg/NÖ[1]	2n=18	315,0g

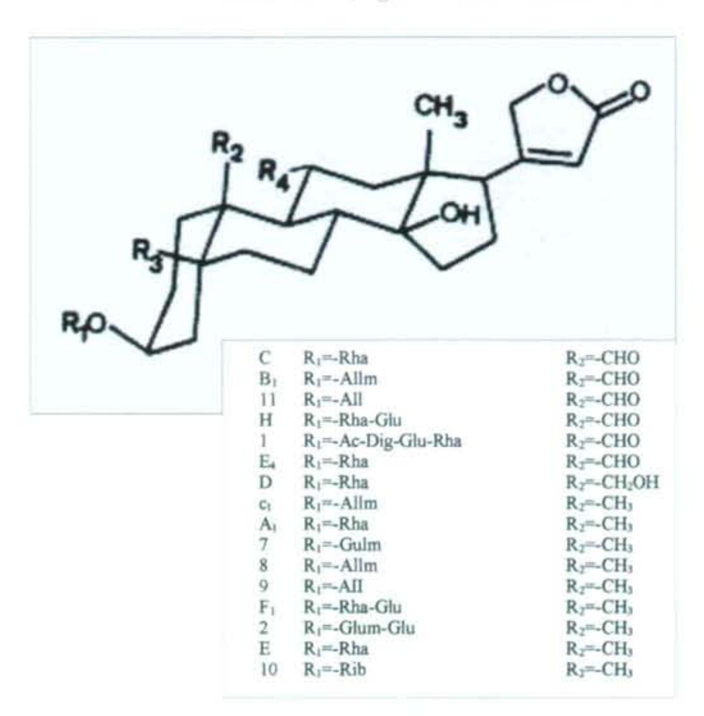
1 Die Chromosomenzählungen wurden von F. SPETA, OÖ Landesmuseum Linz, durchgeführt, die Belegexemplare sind in seinem Privatherbar aufbewahrt.

2 Die Bereitstellung und Chromosomenzählungen dieser Proben erfolgte durch Frau A. Siebenbrunner, Botanisches Institut der Universität Salzburg.

3 Aufarbeitung siehe FERTH & KOPP 1992

Auswertung

Die Identifizierung der Cardenolide aus den mittels SC vorgereinigten Extrakten erfolgte durch chromatographische Verfahren mit authentischen Vergleichssubstanzen, die aus einer Probe von *Ornithogalum umbellatum* L. (FERTH & KOPP 1992) gewonnen worden waren



C	R_1=-Rha	R_2=-CHO
B_1	R_1=-Allm	R_2=-CHO
11	R_1=-All	R_2=-CHO
H	R_1=-Rha-Glu	R_2=-CHO
1	R_1=-Ac-Dig-Glu-Rha	R_2=-CHO
E_4	R_1=-Rha	R_2=-CHO
D	R_1=-Rha	R_2=-CH_2OH
c_1	R_1=-Allm	R_2=-CH_3
A_1	R_1=-Rha	R_2=-CH_3
7	R_1=-Gulm	R_2=-CH_3
8	R_1=-Allm	R_2=-CH_3
9	R_1=-All	R_2=-CH_3
F_1	R_1=-Rha-Glu	R_2=-CH_3
2	R_1=-Glum-Glu	R_2=-CH_3
E	R_1=-Rha	R_2=-CH_3
10	R_1=-Rib	R_2=-CH_3

Abb. 2: Cardenolide, isoliert aus *O. umbellatum L.* (FERTH & KOPP 1992)

(Abb. 2): Convallatoxin (C), Convallosid (H), Rhodexin A (A1) und Rhodexosid (F1) stellten vier, für die Bewertung der Cardenolidzusammensetzung in *Ornithogalum umbellatum* maßgebliche herzwirksame Glykoside dar. Da Convallosid aus Convallatoxin und Rhodexosid aus Rhodexin A biosynthetisiert wird (KUBELKA & al. 1977), erschien es nicht sinnvoll, diese Substanzen jeweils als getrennte "Merkmale" anzusehen.

Als weitere Vergleichssubstanzen wurden die Cardenolide Strophallosid, Perипallosid (c1), Lokundjosid (E), zwei in den Proben aus Südtirol (Proben 19-28) aufscheinende, bisher nicht identifizierte Strophanthidinglykoside sowie einige strukturell nicht identifizierte, mit Vanillin-Schwefelsäure-Reagens rot anfärbbare, "Kedde"-positive Verbindungen, die wegen des identen Aglykons zu einem "Merkmal" zusammengefasst wurden, herangezogen.

Der Vergleich der Sammelfraktionen mit diesen Cardenoliden mittels DC und HPLC führte zur Identifizierung und einer mengenmäßigen Beurteilung der einzelnen herzwirksamen Glykoside. Die prozentuelle Abschätzung erfolgte unter der Annahme, dass sich die Gesamtcardenolidmenge aus sämtlichen, nach der dünnschichtchromatographischen Auftrennung mit Kedde- und Vanillin-Schwefelsäure-Reagens positiv reagierenden Substanzflecken ergibt.

Tabelle 2 zeigt die Rf-Werte bzw. Retentionszeiten der mittels DC (Systeme I-II) und HPLC nachgewiesenen Cardenolide.

Tab. 2: Rf-Werte (DC) und Retentionszeiten (HPLC) der nachgewiesenen Cardenolide

Cardenolid	Rf-Wert in System I	Rf-Wert in System II	t_{m+s} [a] in min.
Convallatoxin	0,50	0,42	48,0
Convallosid	0,25	0,20	39,7
Strophallosid	0,53	0,40	57,6
Rhodexin A	0,43	0,50	28,3
Rhodexosid	0,21	0,22	27,0
Peripallosid	0,55	0,46	71,9
Lokundjosid	0,31	0,31	20,0

a) tm+s = Bruttoretentionszeit; HPLC-System vgl. Kopp, et al. 1990

Ergebnisse

Es wurden jeweils diejenigen Proben direkt miteinander verglichen, die entweder aufgrund ihrer Herkunft oder karyologischer und morphologisch-anatomischer

Merkmale (SPETA 1990a) einen Zusammenhang hinsichtlich ihrer Verwandtschaftsbeziehungen erwarten ließen.

Ornithogalum vulgare SAILER (Proben 1-18)

Aus Oberösterreich standen vierzehn Proben mit Chromosomenzahlen von 2n=36, 2n=41, 2n=45 und 2n=54+1 zur Verfügung (Proben 1-14, Tab. 1).

Die Cardenolidmuster dieser Proben, die sich auch morphologisch relativ einheitlich darstellten (SPETA 1990b), waren, unabhängig vom Ploidiegrad, dünnschichtchromatographisch identisch und entsprachen alle dem Verteilungsmuster gemäß Abbildung 3 (strukturell unbekannte Verbindungen fanden in dieser Darstellung keine Berücksichtigung). Als typisches Merkmal ist die hohe Konzentration an Strophanthidinderivaten, und hier besonders das Vorliegen von Convallatoxin und Convallosid zu erkennen (Abb. 3). Daneben waren Sarmentogeninglykoside, Peripallosid, Lokundjosid sowie mit Vanillin-Schwefelsäure rot anfärbbare Verbindungen bei diesen als *Ornithogalum vulgare* anzusprechenden Proben nachzuweisen.

Das Ergebnis der Analysen des offensichtlich autochthonen oberösterreichischen Probenmaterials zeigt deutlich, dass das Cardenolidmuster, unabhängig von der Chromosomenzahl, innerhalb des untersuchten Gebietes konstant ist.

Die weiteren hier beschriebenen Proben stellen eine heterogene Gruppe tri- und pentaploider Proben unterschiedlicher Herkunft dar, die jedoch aufgrund ihrer morphologisch-anatomischen Merkmale gemeinsam bearbeitet wurden (SPETA 1990b).

Die Zwiebeln aus der Lobau bei Wien (Probe 15, 2n=45), aus Wösendorf/NÖ (Probe 16, 2n=45), aus Budweis/Tschechische Republik (Probe 18, 2n=27) und aus dem Europark in Klagenfurt (Probe 17, 2n=45+1) zeigten hinsichtlich des Cardenolidspektrums gute Übereinstimmung mit dem oberösterreichischen Probenmaterial (Abb. 3, vgl. Tab. 3). Bei den Proben aus Wösendorf und der Lobau,

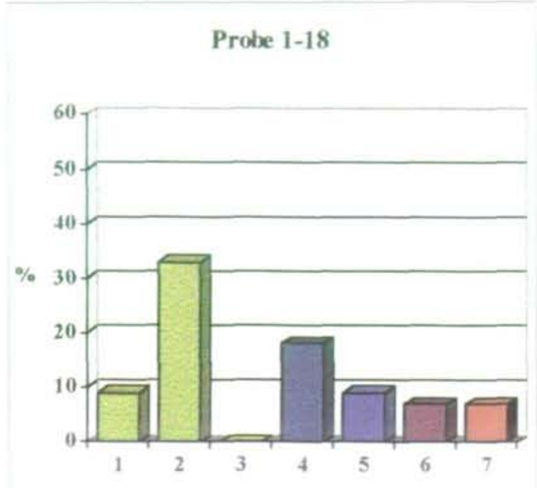
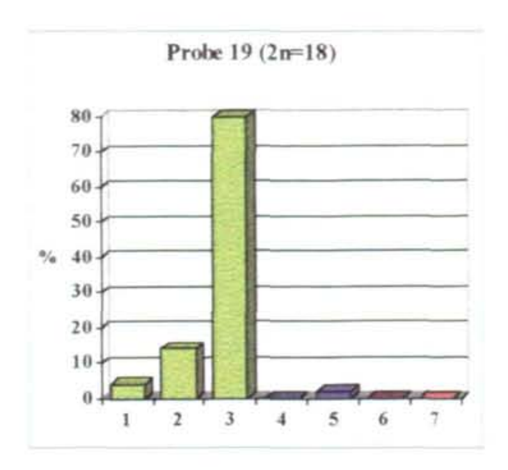


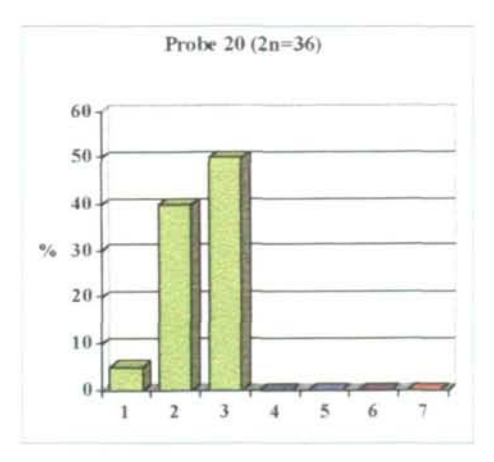
Abb. 3:
Cardenolidzusammensetzung der Proben 1-18, *Ornithogalum vulgare* SAILER Strophallosid (1), Convallatoxin und Convallosid (2), unbekannte Strophanthidinglykoside (3), Rhodexin A und Rhodexosid (4), Peripallosid (5), Lokundjosid (6), "rote Cardenolide"(7).

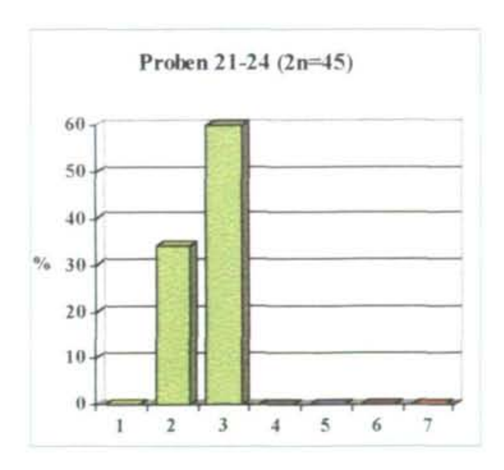
beide aus dem Donautal stammend, und auch bei der Probe aus Budweis könnten regionale Zusammenhänge mit den oberösterreichischen Zwiebeln angenommen werden. Die ursprüngliche Herkunft des Probenmaterials aus dem Park in Klagenfurt ist nicht mehr nachvollziehbar, wodurch eindeutige Aussagen nicht möglich sind.

Ornithogalum sp. (Proben 19-28)

Aus dem Gebiet Südtirol/Trentino (Italien) war Probenmaterial mit unterschiedlichen Ploidiestufen (di-, tetra-, penta- und hexaploid) von zehn Standorten vorhanden (Tab. 1). Die Cardenolidzusammensetzung stimmte bei allen Pflanzen, unabhängig von den Chromosomenzahlen, weitgehend überein (Tab. 3 und Abb. 4). In keiner der anderen untersuchten Proben konnte ein ähnliches Verteilungsmuster wie hier bei den Zwiebeln aus Südtirol gefunden werden: Es lie-







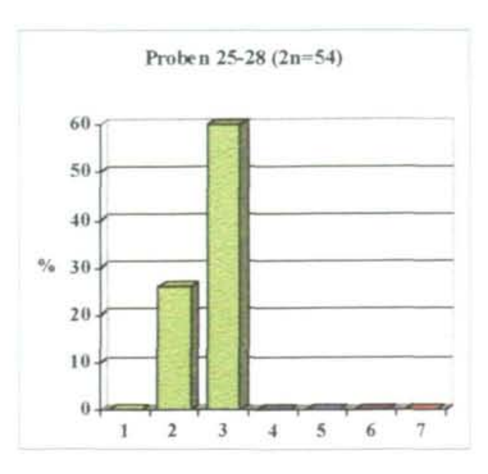


Abb. 4:
Cardenolidzusammensetzung der diploiden (Probe 19), tetraploiden (Probe 20), pentaploiden (Proben 21-24) und hexaploiden (Proben 25-28) Mustern von *Ornithogalum* sp. aus "Südtirol".
Strophallosid (1), Convallatoxin und Convallosid (2), unbekannte Strophanthidinglykoside (3), Rhodexin A und Rhodexosid (4), Peripallosid (5), Lokundjosid (6), "rote Cardenolide"(7).

gen nahezu ausschließlich Strophanthidinderivate vor. Neben Convallosid, Convallatoxin und vereinzelt Strophallosid waren zwei bisher nicht identifizierbare, aufgrund ihrer Polarität wahrscheinlich ebenfalls als Diglykoside des Strophanthidins anzusprechende Cardenolide nachweisbar. Diese beiden Verbindungen wurden in keiner der übrigen untersuchten Proben identifiziert.

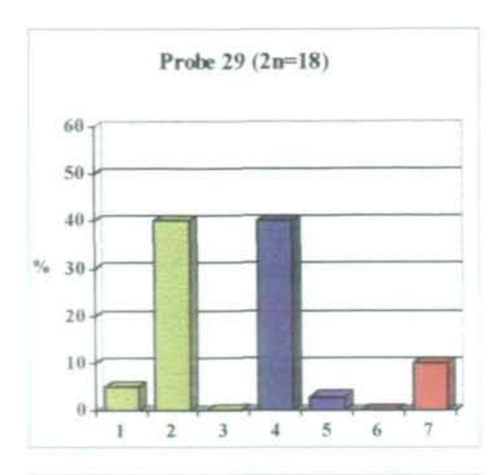
Strophallosid (1) konnte beim di- und tetraploiden Muster nachgewiesen werden, es fehlte aber bei den penta- und hexaploiden Proben.

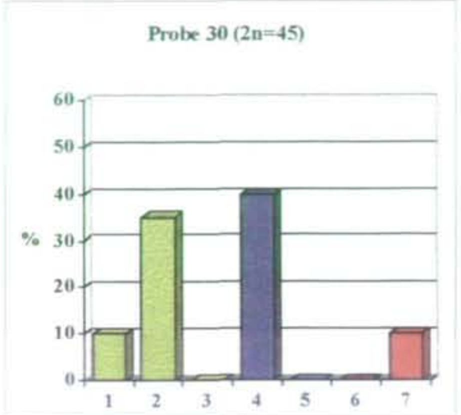
Ornithogalum monticolum s. l. (Proben 29 und 30)

Aus Frankreich war Pflanzenmaterial zweier Standorte mit den Chromosomensätzen 2n=18 und 2n=45 zu untersuchen (Tab. 1). In beiden Proben waren Strophanthidin- und Sarmentogeninderivate zu etwa gleichen Teilen in hoher Konzentration nachweisbar (Tab. 3 und Abb. 5). In geringerem Ausmaß lagen mit Vanillin-Schwefelsäure rot anfärbbare Verbindungen vor. In der diploiden Probe konnte Peripallosid als Nebenkomponente mittels HPLC identifiziert werden.

Auch bei den Proben aus Frankreich wurde, unabhängig vom Ploidiegrad, das gleiche Hauptcardenolidspektrum nachgewiesen, doch sollten in diesem Fall aufgrund der geringen Probenzahl umfangreichere Analysen folgen.

Abb. 5: (fplgende Spalte)
Cardenolidzusammensetzung der diploiden (Probe 29) und pentaploiden (Probe 30) Pflanzen von *Ornithogalum monticolum* aus Frankreich.
Strophallosid (1), Convallatoxin und Convallosid (2), unbekannte Strophanthidinglykoside (3), Rhodexin A und Rhodexosid (4), Peripallosid (5), Lokundjosid (6), "rote Cardenolide"(7).

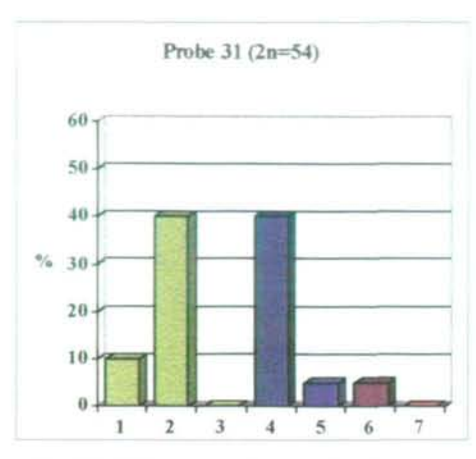




Ornithogalum divergens BOREAU (Proben 31 und 32)

Die hexaploide Probe 31 (FERTH & KOPP 1992), die am Institut für Pharmakognosie der Universität Wien kultiviert worden war, stammte aus dem Handel. Als Hauptglykoside wurden die Strophanthidinderivate Convallatoxin, Convallosid und Strophallosid sowie die Sarmentogeninderivate Rhodexin A und Rhodexosid gefunden (Abb. 6). Daneben lagen Peripallosid und Lokundjosid in geringerer Konzentration vor.

Aus dem Cardenolidmuster der hexaploiden Probe 32 aus einem Kleingarten in Wien (WEGER 1990) war ebenfalls die Dominanz der Strophanthidinderivate erkennbar: Convallatoxin, Convallosid und Strophallosid lagen als Hauptglykoside vor (Abb. 6). Im Gegensatz zu der Probe 31 trat in Probe 32 Peripallosid als weiteres Hauptglykosid auf, Sarmentogeninverbindungen waren - außer Rhodexosid - nicht nachweisbar. Da Rhodexosid aus Rhodexin A biosynthetisiert wird (KUBELKA & al. 1977), kann das Fehlen des Monoglykosids nicht als Unterscheidungsmerkmal herangezogen werden. Vermutlich wird Vorhandensein und Ausmaß der Menge von Rhodexin A von exogenen Faktoren wie Standort, Erntedatum, etc. abhängig sein. Die Unterschiede im Nebenglykosidmuster sind als nicht signifikant anzusehen.



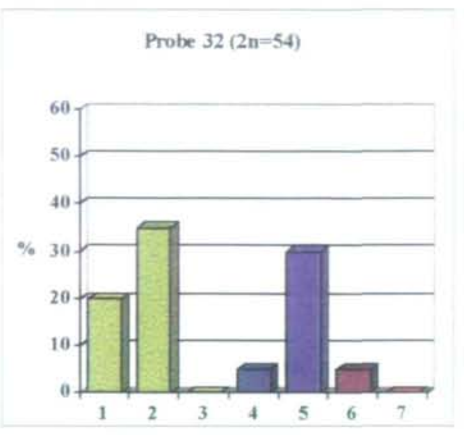
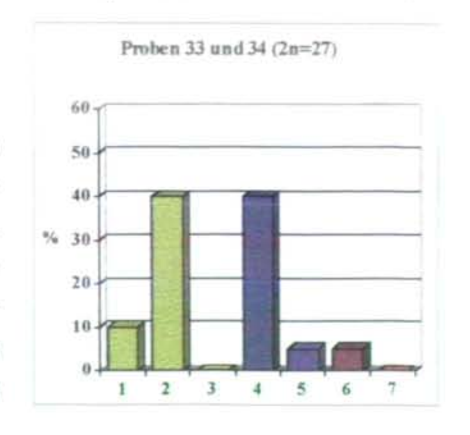


Abb. 6:
Cardenolidzusammensetzung der hexaploiden Muster aus dem Handel (Probe 31) und aus Wien (Probe 32). Strophallosid (1), Convallatoxin und Convallosid (2), unbekannte Strophanthidinglykoside(3), Rhodexin A und Rhodexosid (4), Peripallosid (5), Lokundjosid (6), "rote Cardenolide"(7).

Ornithogalum umbellatum L. s. str. (Proben 33 und 34)

Aus Aschersleben sowie aus Hessen stammte Probenmaterial mit der Chromosomenzahl 2n=27 (Proben 33 und 34), das eine vollkommen identische Cardenolidzusammensetzung mit der hexaploiden Probe 31 aus dem Handel aufwies: Neben den Strophanthidinderivaten

Abb. 7:
Cardenolidzusammensetzung der triploiden Muster aus Aschersleben und Hessen (Proben 33 und 34). Strophallosid (1), Convallatoxin und Convallosid (2), unbekannte Strophanthidinglykoside (3), Rhodexin A und Rhodexosid (4), Peripallosid (5), Lokundjosid (6), "rote Cardenolide"(7).



Convallatoxin, Convallosid und Strophallosid stellten die Sarmentogeninderivate Rhodexin A und Rhodexosid die Hauptglykoside dar (Abb. 7). Peripallosid und Lokundjosid lagen in geringerer Konzentration vor.

Ornithogalum refractum agg. (Proben 35 und 36)

Als Hauptglykoside von *O. refractum*, das in einer pentaploiden Probe aus Budapest, dem vermutlichen "locus classicus" der Art, vorlag, konnten Convallatoxin, Strophallosid und Convallosid identifiziert werden, daneben lagen Sarmentogeninderivate in geringerer Konzentration vor.

Aus der Ukraine stand eine Probe mit pentaploidem Chromosomensatz zur Verfügung (Tab. 1). Im Cardenolidmuster waren hauptsächlich Convallatoxin und Convallosid nachweisbar, daneben lagen noch Rhodexin A und Rhodexosid sowie Strophallosid als identifizierbare Komponenten vor (Tab. 3 und Abb. 8).

Bei der diploiden Probe 37 aus Sicevo in Serbien konnten die Strophanthidinderivate Convallatoxin und Convallosid als Hauptglykoside identifiziert werden (Tab. 3 und Abb. 8). Weiters erfolgte die Identifizierung von Sarmentogeninglykosiden, nicht jedoch von Peripallosid. Eine vergleichsweise hohe Konzentration an Strophallosid konnte ebenfalls nachgewiesen werden. Auffallend war die Ähnlichkeit der Cardenolidmuster dieser Probe und der Probe von *Ornithogalum refractum* s. str. aus Budapest (Abb. 7, Probe 36).

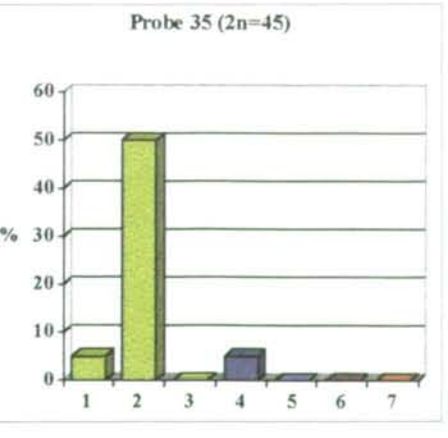
Aus Transkarpatien in der Ukraine stand weiters eine Probe mit diploidem Chromosomensatz zur Verfügung (Probe 38, Tab. 1). Im Cardenolidmuster waren hauptsächlich Convallatoxin und Convallosid nachweisbar, daneben lagen noch Rhodexin A und Rhodexosid sowie Strophallosid als identifizierbare Komponenten vor (Tab. 3 und Abb. 8). Außer geringer Schwankungen in den Konzentrationen war die qualitative Cardenolidzusammensetzung mit der ebenfalls aus Transkarpatien in der Ukraine stammenden Probe 35 identisch.

Ornithogalum kochii s. l. - (Proben 39-40)

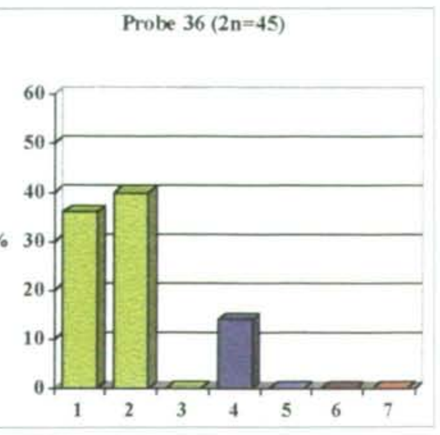
Bei den beiden diploiden Proben aus Istrien (Probe 39) und aus der Lobau in Wien (Probe 40) konnten die Strophanthidinderivate Convallatoxin und Convallosid als Hauptglykoside identifiziert werden (Tab. 3 und Abb. 9). Daneben lagen in den Zwiebeln aus der Lobau Sarmentogeninderivate (Rhodexin A und Rhodexosid) und Peripallosid in nicht unbeträchtlichem Ausmaß vor

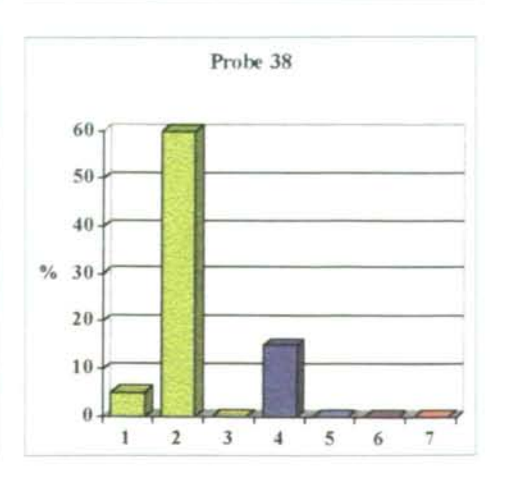
Abb. 8:

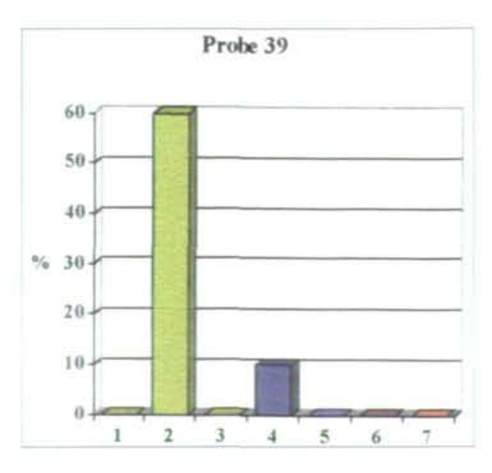
Cardenolidzusammensetzung eines pentaploiden (Probe 35) Musters aus der Ukraine sowie der Probe 36 aus Budapest und zweier diploider (Proben 37 und 38) Sippen. Strophallosid (1), Convallatoxin und Convallosid (2), unbekannte Strophanthidinglykoside (3), Rhodexin A und Rhodexosid (4), Peripallosid (5), Lokundjosid (6), "rote Cardenolide"(7).



Probe 37







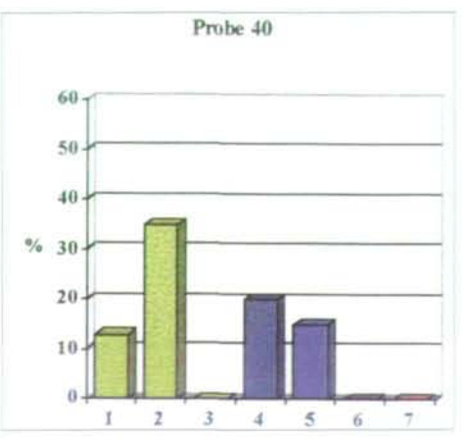


Abb. 9:
Cardenolidzusammensetzung der diploiden Proben 39-40. *Ornithogalum kochii* s. l. aus Istrien und Wien.
Strophallosid (1), Convallatoxin und Convallosid (2), unbekannte Strophanthidinglykoside (3), Rhodexin A und Rhodexosid (4), Peripallosid (5), Lokundjosid (6), "rote Cardenolide"(7).

(GLASSNER 1989). Aus dem Probenmaterial aus Istrien erfolgte die Identifizierung von Sarmentogeninglykosiden, nicht jedoch von Peripallosid.

Ornithogalum dalmaticum SPETA - (Probe 41)

Das Chromatogramm dieser tetraploiden Probe aus Dalmatien zeigte mittlere Konzentrationen von Strophallosid und Convallatoxin sowie Spuren von Peripallosid (Abb. 10). Hauptsächlich waren aber Verbindungen, die sich mit Vanillin-Schwefelsäure rot und braun färbten, nachzuweisen. Sarmentogeninderivate konnten nicht identifiziert werden.

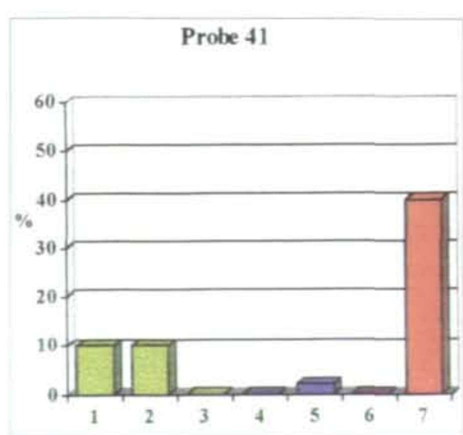


Abb. 10:
Cardenolidzusammensetzung der Probe 41 aus Biokovo. *Ornithogalum dalamaticum* SPETA
Strophallosid (1), Convallatoxin und Convallosid (2), unbekannte Strophanthidinglykoside (3), Rhodexin A und Rhodexosid (4), Peripallosid (5), Lokundjosid (6), "rote Cardenolide"(7).

Probe 41 zeigte hinsichtlich der Cardenolidzusammensetzung keine Übereinstimmung mit den übrigen untersuchten Proben.

Ornithogalum baeticum BOISS. - (Probe 42)

Bei diesen aus Algerien stammenden Pflanzen waren neben Convallatoxin, Convallosid und Strophallosid auch Peripallosid sowie Lokundjosid als Hauptglykosiden vorhanden (Abb. 11). Sarmentogeninderivate konnten nicht nachgewiesen werden.

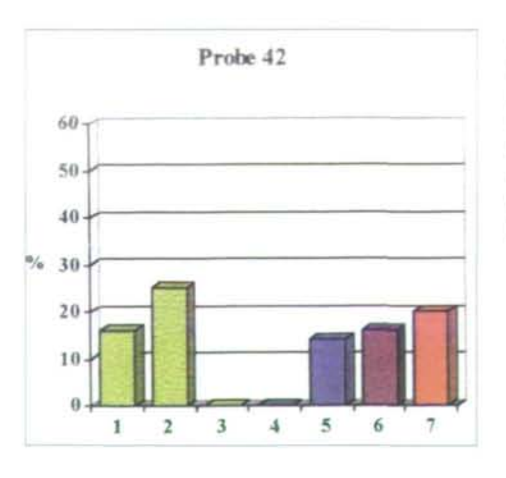


Abb. 11: Cardenolidzusammensetzung der Probe 42 aus Chrio. *Ornithogalum baeticum* BOISS.
Strophallosid (1), *Convallatoxin und* Convallosid (2), unbekannte Strophanthidinglykoside (3), Rhodexin A und Rhodexosid (4), Peripallosid (5), Lokundjosid (6), "rote Cardenolide"(7).

Ornithogalum pannonicum **VILLARS (Proben 43 und 44)**

Neben den morphologischen Unterschieden gegenüber den übrigen Vertretern des Subgenus *Ornithogalum sensu* ZAHARIADI, wie zB die mittelstreifenfreien glauken Blätter könnte auch der Nachweis eines differierenden Cardenolidmusters ein zusätzliches Merkmal bei einer revidierten systematischen Zuordnung von O. *comosum* (= O. *pannonicum*) darstellen.

Der dünnschichtchromatographische Vergleich der Extrakte von O. *pannonicum* beider Herkünfte (Proben 43 und 44, Tab. 1) ergab Übereinstimmung, jedoch konnte auch nach weitgehender Reinigung und Auftrennung dieser Extrakte mittels Säulenchromatographie kein Hinweis auf das Vorliegen herzwirksamer Glykoside gefunden werden.

Diskussion

Zur Zeit herrscht Unklarheit, wie mit dem Komplex O. *umbellatum* umgegangen werden soll. Die einen plädieren für eine größere Zahl von Arten, die unterschiedlich gefasst und auch benannt werden. Die anderen wollen neben einer ziemlich umfassenden Art O. *umbellatum* L. nur O. *baeticum* = O. *algeriense* anerkennen (MORET & al. 1991, MORET & GALLAND 1992). Aber auch darüber, was alles zur O. *umbellatum*-Gruppe gehören soll, bestehen verschiedene Ansichten. Bei ZAHARIADI (1977) ist sie identisch mit der Untergattung *Ornithogalum*, zu der er auch O. *comosum* zählt. Bei RAAMSDONK (1984) wird der O. *umbellatum-angustifolium*-Komplex viel weiter gefasst. Zu ihm gehören praktisch alle kleineren eurasiatischen O.-Arten. Alle Meinungen anzuführen, wer welche Arten in oder um O. *umbellatum* gruppiert sehen wollte, würde ein Buch füllen. Zu guter Letzt ist STEARN & LANDSTRÖM 1991 selbst der Name O. *umbellatum* L. nicht mehr deutbar erschienen und zu einem "nomen dubium" erklärt worden, das nach Meinung dieser Autoren durch O. *divergens* BOREAU zu ersetzen wäre

Aus dieser verfahrenen Situation ist nur durch penible abermalige Untersuchungen zu entkommen. Leicht ist das allerdings nicht, weil es um das Umfeld der O. *umbellatum*-Verwandtschaft ebenfalls nicht besser bestellt ist. Nach und nach lichten sich die Nebel bereits etwas (SPETA 1989, 1990 a-d, 1991 a-e, 1992, 1994, 1999, 2000 a-d und in Vorbereitung), sodass wieder Hoffnung geschöpft werden kann. Vorliegende Untersuchung über das Auftreten von Cardenoliden ist trotz aller Lückenhaftigkeit sehr aufschlussreich. Sie zeigt nämlich, daß eine Reihe diploider Ausgangssippen vorhanden ist. Anscheinend hat jede davon Autopolyploide gebildet: Tetra- und Hexaploide sind die Regel, aber auch die rein apomiktischen Tri- und vor allem Pentaploiden sind häufig. Sie bilden ± reichlich Brutzwiebeln. Eine Gruppe von Polyploiden bildet allerdings offenbar keine Brutzwiebeln (O. *orthophyllum*, O. *baeticum*, O. *dalmaticum*, O. *televrinum*). Da das Bastardieren beim O. *umbellatum*-Komplex wenig Probleme macht, bilden sich bei sich bietender Gelegenheit auch Allopolyploide. Ja selbst zwischen O. *kochii* (2n = 18) und *Honorius boucheanus* (2n = 28) einerseits und O. *pannonicum* (2n = 18) anderseits sind Bastarde bekannt geworden (PODPĚRA 1913, WIDDER 1950).

Das Auseinanderhalten der vielen vorhandenen Sippen ist sicher nicht einfach. Da aus der O. *umbellatum*-Verwandtschaft bis heute gegen 40 Arten beschrieben wurden, ist gebietsweise auch

die Benennung eine heikle Angelegenheit. So existieren von JORDAN & FOURREAU (1866, 1867) aus Frankreich, den angrenzenden Teilen Spaniens, Italiens und aus NW-Afrika um die 20 Artnamen, die erst zugeordnet werden müssen. Zuvor sollten an Material, das an den "loci classici" nachgesammelt worden ist, die Chromosomen gezählt und gebändert werden und das Cardenolidmuster festgestellt werden. Dann erst ist es sinnvoll, die Morphologie der einzelnen Sippen genau zu studieren. Zugegeben, mühsam, aber erfolgversprechend! In der Zwischenzeit wird es am günstigsten sein, nach bestem Wissen die bereits vorhandenen Namen zu verwenden.

Zunächst ist die Typisierung von O. *umbellatum* L. von Interesse. Bekanntlich hatte RAAMSDONK (1982) den Beleg aus dem LINNÉ-Herbar zum Typus gewählt, was leider falsch war, da er aus Mittelasien (Russland?) stammt, LINNÉ (1753) bei der Erstbeschreibung jedoch als Herkunft "Germania et Gallia" festschrieb. Also hat STEARN (1983) eine Abbildung aus RENEAULME (1611: 88) zum Typus gewählt. Die hohe Blattzahl der Mutterzwiebel und die großen Nebenzwiebeln, von denen nur eine mit Blättern abgebildet ist, bei den beiden anderen sind sie wohl beim Ausgraben abgebrochen, weisen mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die triploide Sippe des Loire-Beckens hin.

O. *divergens* BOREAU hingegen ist eine hexaploide Sippe aus der nämlichen Gegend. Das Cardenolidmuster zeigt die beiden als nächstverwandt. O. *umbellatum* L. s. str. kann als apomiktische Art aufrecht erhalten werden. Bei etwas weiterer Fassung kann ihr O. *divergens* angeschlossen werden. Unverhofft ist es also doch noch - dank der Cardenolide - zu einer beinahe versöhnlichen Lösung des Problems gekommen.

Die Tri-, Tetra-, Penta- und Hexaploiden aus Oberösterreich und den angrenzenden Gebieten zeigen ein sehr einheitliches Cardenolidmuster, das sich auffallend von den anderen unterscheidet. Sie wurden von SPETA (2000 b, c) unter dem Namen O. *vulgare* SAILER zusammengefasst, der im engeren Sinn für die pentaploide Sippe gilt.

Ein recht einheitliches Bild liefern 2x–, 4x–, 5x–, 6x–Pflanzen aus Südtirol, deren Areal zwischen dem von O. *monticolum* im Westen und O. *kochii* im Osten liegt. Ob für sie ein Name von JORDAN & FOURREAU (1866, 1867) oder gar O. *brutium* TERRAC. vom Apennin verwendet werden kann, muss noch untersucht werden.

Überraschenderweise ist das pentaploide O. *refractum* aus Budapest im Cardenolidmuster mit Diploiden und Pentaploiden aus Transkarpatien in der Ukraine und Diploiden aus Sicevo in Serbien identisch. Alleine O. *refractum* s. str. hat extrem zurückgeschlagene Fruchtstiele und kann damit als apomiktische Art separiert werden. Wieweit die Diploiden mit O. *acuminatum* SCHUR aus Kronstadt in Siebenbürgen übereinstimmen, muss noch genauer geprüft werden. Der Name O. *kochii*, einer Art, die aus Lipizza in Istrien beschrieben wurde, kann nicht für sämtliche Diploiden der O. *umbellatum*-Verwandtschaft verwendet werden, über sein Areal wissen wir noch recht wenig.

O. *baeticum* und O. *dalmaticum* erwiesen sich nach dem Cardenolidmuster als sehr selbstständige Arten. Zu guter Letzt weist das Fehlen von Cardenoliden darauf hin, dass O. *pannonicum* nicht zur näheren Verwandtschaft von O. *umbellatum* zu rechnen ist. ZAHARIADI (1965) hat den verwachsenen Zwiebelblättern eine zu hohe Bedeutung beigemessen. Da er für eine nahe Verwandte von O. *pannonicum*,

die imbrikate Zwiebelblätter aufweist, die Untergattung *Anosmium* beschrieben hat, ist O. *pannonicum* dorthin zu transferieren (SPETA unveröffentlicht).

Zusammenfassung

Der chromatographische Vergleich der 42 Proben aus der *Ornithogalum umbellatum*-Verwandtschaft ergab, dass das Vorliegen von Strophanthidinderivaten als aggregatspezifisches Merkmal anzusehen ist (Tab. 3). Sarmentogeninderivate wie Rhodexin A und Rhodexosid sowie Peripallosid und Lokundjosid, auf deren Vorhandensein ebenfalls geprüft wurde, waren häufig nachzuweisen, stellen jedoch kein konstantes Charakteristikum dieser Verwandtschaftsgruppe dar.

Wie der Vergleich der Muster aus Oberösterreich, Südtirol, Frankreich und der Ukraine zeigte, sind aufgrund der Cardenolidspektren regionale Gemeinsamkeiten, unabhängig von der Chromosomenzahl, erkennbar.

Die chemische Untersuchung von zwei diploiden Aufsammlungen verschiedener Herkunft (O. *kochii* s. l., Proben 39-40) ergab Unterschiede im Cardenolidmuster (vgl. Abb. 8 und Tab. 3), auch der Vergleich mit anderen diploiden Proben aus Frankreich (O. *monticolum*, Probe 29) und Südtirol (O. sp., Probe 19) bestätigte, dass die Zusammensetzung der herzwirksamen Glykoside in *Ornithogalum umbellatum* agg. keine Abhängigkeit von der Chromosomenzahl erkennen lässt.

Die 18 analysierten Proben von O. *vulgare* zeigten trotz teilweiser karyologischer Unterschiede sehr gute Übereinstimmung im Cardenolidspektrum, welches signifikant für diese Art sein dürfte (vgl. Abb. 3 und Tab. 3).

Auch die 10 Muster aus Südtirol (O. sp.) weisen ein sehr einheitliches Spektrum der Herzglykoside auf, wobei die diploide und tetraploide Probe durch die zusätzliche Anwesenheit von Strophallosid gekennzeichnet sind, welches in den penta- und hexaploiden Mustern aber fehlt (vgl. Abb. 4 und Tab. 3).

Die diploide und pentaploide Probe von O. *monticolum* (Herkunft Frankreich) weisen ebenfalls eine sehr ähnliche chemische Zusammensetzung auf, doch müssen hier weitere Probenanalysen zeigen, ob dieses Spektrum charakteristisch für diese Art ist (Abb. 5 und Tab. 3).

Gleiches gilt auch für O. *divergens* und O. *umbellatum* s. str.: beiden Arten stimmen im Cardenolidspektrum gut überein, für eine endgültige Aussage einer Signifikanz der chemischen Merkmale sind auch von diesen Arten weitere Proben zu analysieren.

Das Muster der herzwirksamen Glykoside in O. *refractum* agg. zeigt Übereinstimmung, doch müssen weitere Untersuchungen einer größeren Probenanzahl durchgeführt werden, um eine endgültige Aussage treffen zu können.

Gleiches gilt auch für O. *kochii* s. l.: die Cardenolidzusammensetzung könnte möglicherweise ein Charakteristikum darstellen.

O. *pannonicum* stellte die einzige der analysierten Arten des Subgenus *Ornithogalum* dar, in der keine Cardenolide nachweisbar waren. Es ist im Subgenus *Ornithogalum* fehl am Platz und gehört in das Subgenus *Anosmium* ZAHAR.

Wie die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen, sind chemische Merkmale wie die Cardenolidzusammensetzung für einige Arten der O. *umbellatum* Verwandtschaft signifikant und können bei einer Neugliederung durchaus hilfreich sein und Verwendung finden.

Probe				Cardenolide						
Nr.	Art	Herkunft	2n=	1	2	3	4	5	6	7
	O. vulgare									
		Oberösterreich								
1		Linz/Furth	45	++	+++	-	++	++	++	++
2		Niederranna	36	++	+++	-	++	++	++	++
3		Wesenufer	36	++	+++	-	++	++	++	++
4		Linz/Katzbach	45	++	+++	-	++	++	++	++
5		Struden	45	++	+++	-	++	++	++	++
6		Eisendorf/Saxen	41	++	+++	-	++	++	++	++
7		Grein	45	++	+++	-	++	++	++	++
8		Linz/Bauernberg	45	++	+++	-	++	++	++	++
90		Thalling	45	++	+++	-	++	++	++	++
10		Stadl Paura	45	++	+++	-	++	++	++	++
11		Neuzeug/Steyr	45	++	+++	-	++	++	++	++
12		Steyr	54+1	++	+++	-	++	++	++	++
13		Linz-Kleinmünchen	45	++	+++	-	++	++	++	++
14		Linz/Park	45	++	+++	-	++	++	++	++
15		Wien/Lobau	45	++	+++	-	++	++	++	++
16		Wösendorf/NÖ	45	++	+++	-	++	++	++	++
17		Klagenfurt	45+1	++	+++	-	++	++	++	++
18		Budweis/ČR	27	++	+++	-	++	++	++	++
	O. sp.									
		Südtirol, Trentino								
19		Gardasee	18	+	++	+++	-	+	-	-
20		Lago di Lecco	36	+	+++	+++	-	-	-	-
21		Auer	45	-	+++	+++	-	-	-	-
22		Auer	45	-	+++	+++	-	-	-	-
23		Rovereto	45	-	+++	+++	-	-	-	-
24		Eppan	45	-	+++	+++	-	-	-	-
25		Eppan	54	-	+++	+++	-	-	-	-
26		Terlan/Bozen	54	-	+++	+++	-	-	-	-
27		Salurn	54	-	+++	+++	-	-	-	-
28		Algund	54	-	+++	+++	-	-	-	-
	O. monticolum									
		Frankreich								
29		n. bekannt	18	+	+++	-	+++	+	-	++
30		Alpes de Haute	45	++	+++	-	+++	+	-	++
	O. divergens									
31		Fa. Willemse/NL	54	++	+++	-	+++	+	+	-
32		Wien/Garten	54	++	+++	-	+	+++	+	-
	O. umbellatum s. str.									
33		Aschersleben/BRD, Stadtpark	27	++	+++	-	+++	+	+	-
34		Hessen/BRD	27	++	+++	-	+++	+	+	-
	O. refractum agg.									
35		Beregovo/UKRAINE	45	+	+++	-	+	-	-	-
36		Budapest/U	45	+++	+++	-	++	-	-	-
37		Sicevo/YU	18	+++	+++	-	++	-	-	-
38		Onokovzi/UKRAINE	18	+	+++	-	++	-	-	-
39	*O. kochii s.l.*	Hrastovlje/YU	18	-	+++	-	++	-	-	-
40		Wien/Lobau	18	++	+++	-	+++	++	-	-
	O. dalmaticum									
41		Biokovo/YU	36	++	++	-	-	+	-	+++
	O. baeticum									
42		Chrio/ALGERIEN	52	++	+++	-	-	++	++	++
	O. pannonicum									
43		Mödling/NÖ	18	-	-	-	-	-	-	-
44		Spitzerberg/NÖ	18	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 3:
Qualitative und quantitative Cardenolidzusammensetzung der Proben des *Ornithogalum umbellatum* Aggregates.
Vergleichssubstanzen: Strophallosid (1), Convallatoxin und Convallosid (2), unbekannte Strophanthidinglykoside(3), Rhodexin A und Rhodexosid (4), Peripallosid (5), Lokundjosid (6), "rote Cardenolide"(7).
Auswertung: < 5 % (+), 5-20 % (++), > 20 % (+++).

Literatur

BATSCH A. I. G. C. (1786): Dispositio generum plantarum ienensium secundum Linnaeum et familias naturales. — Ienae.

BUCHVAROV Y., BALABANOVA-RADONOVA E., RADENKOVA Y. & VANKOV S. (1984): Isolation of *Ornithogalum* cardiac glykosides and polysaccharides from species growing in Bulgaria. — Farmatsiya (Sophia) **34**: 33-36.

FERTH R. (1992): Chemotaxonomische Untersuchungen an Vertretern der Gattung *Ornithogalum*. — Dissertation, Universität Wien.

FERTH R. & KOPP B. (1992): Cardenolide aus *Ornithogalum umbellatum* L. — Pharmazie **47**: 626-629.

FERTH R., BAUMANN A., ROBIEN W. & KOPP B. (1992): Cardenolide aus *Ornithogalum nutans* 2n=28, 1. Mitteilung. — Z. Naturforsch. **47b**: 1444-1458.

FERTH R., BAUMANN A., MAYER K. K., ROBIEN W. & KOPP B. (1992): Cardenolide aus *Ornithogalum nutans* 2n=30, 2. Mitteilung. — Z. Naturforsch. **47b**: 1459-1468.

GHANNAMY U. (1985): Cardenolide aus Milchstern-Arten: *Ornithogalum boucheanum* (KUNTH) ASCHERS. & GRAEBN. und *Ornithogalum balansae* BOISS. — Dissertation, Universität Wien.

GHANNAMY U., KOPP B., ROBIEN W. & KUBELKA W. (1987): Cardenolide aus *Ornithogalum boucheanum* (KUNTH) ASCHERS. & GRAEBN. — Pl. Med. **53**: 172-178.

GLÄSSNER M. (1989): Chemische Untersuchungen von *Ornithogalum kochii*. — Diplomarbeit, Universität Wien.

HEGNAUER R. (1970): Cadenolide und Bufadienolide (= Cardadienolide). Verbreitung und systematische Bedeutung. — Pl. Med. **19**: 138-153.

JARETZKY R. (1935): Untersuchungen über herzwirksame Pflanzen. — Arch. Pharm. **273**: 334-348.

JORDAN A. & J. FOURREAU (1866): Breviarum plantarum novarum sive specierum in horto plerumque cultura recognitarum descriptio contracta ulterius amplianda suctoribus. Fasc. 1. — Parisiis: F. Savy.

JORDAN A. & J. FOURREAU (1867): Icones ad floram Europae novo fundamento instaurandam. Vol. I. — Parisiis: F. Savy.

KOMISSARENKO N. F. (1971): Ornithogalin, a cardenolide glycoside of *Ornithogalum magnum*. — Khim. Prir. Soedin. **7**: 38-40, ref. C. A. **75**: 6237c.

KOMISSARENKO N. F. (1972): Cardenolides from seeds of *Ornithogalum magnum*. — Khim. Prir. Soedin. **8**: 397-398, ref. C. A. **77**: 149662q.

KOMISSARENKO N. F. & KRIVENCHUK P. E. (1974): Cardenolides from the flowers and bulbs of *Ornithogalum gussonii*. — Khim. Prir. Soedin. **10**: 257, ref. C. A. **81**: 74893n.

KOMISSARENKO N. F. & PAKALNS D. (1974): Cardenolides from *Ornithogalum shelkovnikovii*. — Khim. Prir. Soedin. **10**: 257-258, ref. C. A. **81**: 60895c.

KOPP B. & KUBELKA W. (1982a): Neue Cardenolide aus *Convallaria majalis* L. Strophanthidin-, Cannogenol-, 19-Hydroxysarmentogenin- und Sarmentogenin-Glykoside. — Pl. Med. **45**: 87-94.

KOPP B. & KUBELKA W. (1982b): Neue Cardenolide aus *Convallaria majalis* L.:Bipindogenin-, Sarmentologenin- und Sarmentosigenin-Glykoside. — Pl. Med. **45**: 195-202.

KOPP B., KRENN L. & JURENITSCH J. (1990): Bufadienolide in Meerzwiebeln - Bestimmung mittels Spektralphotometrie und HPLC. — Deutsche Apotheker-Zeitung **130**: 2175-2180.

KRASA M. (1986): Vergleichende chemische Untersuchungen einiger Milchstern-Arten. — Diplomarbeit, Universität Wien.

KUBELKA W., KOPP B., JENTZSCH K. & RUIS H. (1977): Biogenese von Cardenolidglykosiden in *Convallaria majalis* L.: Umwandlungen auf der Monoglykosidstufe. — Phytochemistry **16**: 687-690.

LEWBART M. T., WEHRLI W. & REICHSTEIN T. (1963): Die Cardenolide von *Gongronema gazense* (S. MOORE) BULLOCK. — Helv. Chim. Acta **46**: 505-517.

MORET J., FAVEREAU Y. & GORENFLOT R. (1991): A biometric study of the *Ornithogalum umbellatum* (*Hyacinthaceae*) complex in France. — Pl. Syst. Evol. **175**: 73-86.

MORET J. & GALLAND N. (1992): Phenetic, biogeographical, and evolutionary study of *Ornithogalum* subg. *Heliocharmos* (*Hyacinthaceae*) in the western Mediterranean basin. — Pl. Syst. Evol. **181**: 179-202.

MROZIK H., WAUD R. A., SCHINDLER O. & REICHSTEIN T. (1959): Die Glykoside der Zwiebel von *Ornithogalum umbellatum* L. sowie Prüfung der Zwiebel von *Ornithogalum prasinum* (LINDL.). — Helv. Chim. Acta **42**: 683-696.

PFOSSER M. & F. SPETA (1999): Phylogenetics of *Hyacinthaceae* based on plastid DNA sequences. — Ann. Missouri Bot. Gard. **86**/4: 852-875.

PODPĚRA J. (1913): Nové rostliny kv_teny moravské. — _iva **23**, ser. **2**: 246-247.

POLGÁR S. (1929): Egy új hazai *Ornithogalum*-faj. Eine neue *Ornithogalum*-Art aus Ungarn. — Magyar Bot. Lapok **27** (1928): 19-25.

RAAMSDONK L. W. D. VAN (1982): Biosystematic study on the *umbellatum-angustifolium* complex in the genus *Ornithogalum* L. I. Typification and taxonomy. — Proc. Koninkl. Nederl. Akad. Wetensch., Ser. C, **85**: 563-574.

RAAMSDONK L. W. D. VAN (1984): Biosystematic study on the *umbellatum-angustifolium* complex in the genus *Ornithogalum* L. — Proefschrift, Utrecht.

RENEAULME P. DE (1611): Specimen Historiae Plantarum. — Parisiis: H. Beys.

RÜCKLINGER A. B. (1987): Chemische Untersuchungen an einigen Vertretern der Gattung *Ornithogalum* L. — Diplomarbeit, Universität Wien.

SMITH J. A. & PETERSON G. R. (1967): Rhodexin A and Rhodexoside in *Ornithogalum umbellatum*. — J. Pharm. Pharmacol. **19**: 221-225.

SPETA F. (1980): Karyosystematik, Kultur und Verwen-

dung der Meerzwiebel (*Urginea* STEINH., *Liliaceae* s. l.). — Linzer biol. Beitr. **12**: 193-238.

SPETA F. (1989): Eine neue *Ornithogalum*-Art (*Hyacinthaceae*) aus der Türkei als Erinnerung an Gerda Maria JOSCHT. — Phyton (Horn) **29**: 69-82.

SPETA F. (1990a): *Ornithogalum gussonei* TEN., *O. collinum* GUSS. und *O. exscapum* TEN., drei häufig verkannte, aus Italien beschriebene Arten (*Hyacinthaceae*). — Phyton (Horn) **30**: 97-171.

SPETA F. (1990b): Über *Ornithogalum transcaucasicum* MISCZ. ex GROSSH. und eine neue *Ornithogalum*-Art aus dem Kaukasus. — Bot. Jahrb. Syst. **112**: 29-42.

SPETA F. (1990c): *Ornithogalum euxinum* SPETA (= *O. byzantinum* AZN., *Hyacinthaceae*), eine wiederentdeckte Art aus dem Norden der Türkei. — Candollea **45**: 447-462.

SPETA F. (1990d): *Ornithogalum sibthorpii* GREUTER und *O. sigmoideum* FREYN & SINT. sind nicht identisch. — Linzer biol. Beitr. **22**: 787-829.

SPETA F. (1991a): *Ornithogalum mysum* SPETA, eine neue Art aus der *O. montanum*-Verwandtschaft (*Hyacinthaceae*). — Phyton (Horn) **31**: 57-66.

SPETA F. (1991b): *Ornithogalum macrum* SPETA (*Hyacinthaceae*), eine merkwürdige neue Art aus der Türkei. — Folia Geobot. Phytotax. **26**: 349-355.

SPETA F. (1991c): Über *Ornithogalum aemulum* SCHOTT & KOTSCHY in SCHOTT und eine neue *Ornithogalum*-Art vom Bithynischen Olymp im Westen Kleinasiens. — Candollea **46**: 255-265.

SPETA F. (1991d): *Ornithogalum wiedemannii* BOISS. (*Hyacinthaceae*) und seine nächsten Verwandten. — Candollea **46**: 485-501.

SPETA F. (1991e): *Ornithogalum pascheanum* (*Hyacinthaceae*), eine neue Art aus der NW-Türkei. — Willdenowia **21**: 167-172.

SPETA F. (1992): *Ornithogalum improbum* (*Hyacinthaceae*), eine neue Art vom Bozda_ bei Izmir (Türkei). — Willdenowia **22**: 119-124.

SPETA F. (1994): Leben und Werk von Ferdinand SCHUR. — Stapfia **32**: 334 pp.

SPETA F. (1998a): Systematische Analyse der Gattung *Scilla* L. s. l. (*Hyacinthaceae*). — Phyton (Horn) **38**: 1-141.

SPETA F. (1998b): *Hyacinthaceae*. — In: KUBITZKI K. (Ed.), The families and genera of vascular plants **3**: 261-285.

SPETA F. (1999): Eine neue *Ornithogalum*-Art aus Kleinasien zur Erinnerung an Vladimír VAŠÁK (1923 - 1998). — Linzer biol. Beitr. **31**/1: 437-442.

SPETA F. (2000a): Bemerkungen zu *Ornithogalum sintenisii* FREYN (*Hyacinthaceae*) und ähnlichen Arten. — Phyton (Horn) **40**/1: 115-140.

SPETA F. (2000b): Beitrag zur Kenntnis von *Ornithogalum* s. l. (*Hyacinthaceae*) in Oberösterreich. — Beitr. Naturk. Oberösterreichs **9**: 743-792.

SPETA F. (2000c): Die Gattung *Ornithogalum* s. l. in Österreich. — Linzer biol. Beitr. **32**: 698.

SPETA F. (2000d): *Ornithogalum sphaerolobum* und seine Doppelgänger. — Preslia **72**: 369-398.

STEARN W. T. (1983): The Linnaean species of *Ornithogalum* (*Liliaceae*). — Ann. Musei Goulandris **6**: 139-170.

STEARN W. T. & T. LANDSTRÖM (1991): 12. *Ornithogalum* L. — In: STRID A. & Kit TAN, Montain flora of Greece. Vol. 2. — Edinburgh: University Press: 686-694.

VOGELSANG A. (1955): Clinical trial of *Ornithogalum umbellatum* on the human heart (Preliminary report). — Canad. Medical Assoc. J. **73**: 295-296.

WAUD R. A. (1951): The action of *Ornithogalum umbellatum* on the heart. — J. Pharmacol. Exp. Therap. **101**: 36.

WAUD R. A. & BOYD D. (1954): The action of *Ornithogalum umbellatum* on the heart. — J. Pharmacol. Exp. Therap. **111**: 147-151.

WEGER P. R. (1991): Vergleichende Untersuchungen an Vertretern des *Ornithogalum umbellatum* Aggr. — Diplomarbeit, Universität Wien.

WIDDER F. (1950): Diagnoses stirpium novarum I-III. — Phyton (Horn) **2**: 223-229.

ZAHARIADI C. A. (1965): Sous-genres et sections mésogéens du genre *Ornithogalum* et la valeur comparative de leurs caractères différentiels. — Rev. Roum. Biol., Bot. **10**: 271-291.

ZAHARIADI C. A. (1977): Notes on the intrageneric classification of the genus *Ornithogalum* L. (*Liliaceae*). — Bot. _urn. (Moscow-Leningrad) **62**: 1624-1639 (Russisch).

ZOZ I. G. & CHERNYKH N. A. (1969): *Ornithogalum magnum* - a new source of cardiac glycoside. — Farm. Zh. (Kiev) **24**: 77-78. — ref. C. A. **72**: 70589j (1970).

Anschrift der Verfasser:

Dr. Roland FERTH und
Univ.-Prof. Dr. Brigitte KOPP
Institut für Pharmakognosie
Universität Wien
Althanstr. 14
A-1090 Wien

Univ.-Doz. Dr. Franz SPETA
Biologiezentrum des
OÖ. Landesmuseums
Johann-Wilhelm-Klein-Str. 73
A-4040 Linz/Dornach